

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年 1 1 月 1 7 日  
Date of Application:

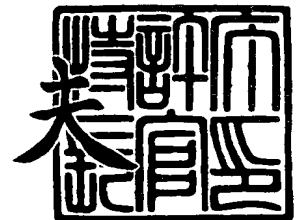
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 3 8 6 7 2 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 3 8 6 7 2 6 ]

出      願      人                      日 本 電 気 株 式 会 社  
Applicant(s):                      株 式 会 社 東 芝

2 0 0 3 年 1 2 月    3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願  
【整理番号】 34403321  
【提出日】 平成15年11月17日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G11B 7/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 大久保 修一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 本間 博巳  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 小川 雅嗣  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 中野 正規  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 岩永 敏明  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所  
    内  
    【氏名】 柏原 裕  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所  
    内  
    【氏名】 長井 裕士  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004237  
    【氏名又は名称】 日本電気株式会社  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003078  
    【氏名又は名称】 株式会社 東芝  
【代理人】  
    【識別番号】 100071272  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 後藤 洋介  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100077838  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 池田 憲保  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2002-365772  
    【出願日】 平成14年12月17日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 012416  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0018587

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号の品質評価方法において、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、この等化誤差の自己相関に基づいて信号品質を評価することを特徴とする光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 2】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号の品質評価方法において、ある二組の時系列データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるノイズベクトル上に等化誤差を射影し、射影された等化誤差の分散と、前記二組の時系列データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるユークリッド距離との比に基づいて信号品質を評価することを特徴とする光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 3】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号の品質評価方法であって、クロック周期毎の再生等化信号の値  $y_k$ 、所定のデータ列  $a_k$ 、所定のパーシャルレスポンス特性  $h_k$  に対して、等化誤差を  $v_k = (y_k - \sum a_k - i h_i)$ 、クロック時間を単位とする時間遅延演算子を  $D$ 、1, 0, -1 の 3 種類のいずれかの値を取り、かつ、 $\alpha_j \alpha_{j+1} \neq -1$  を満足する係数を  $\alpha_j$  として定義される多項式を  $A(D) = \sum \alpha_j D_j$ 、パーシャルレスポンスを規定する  $P$  多項式を  $H(D) = \sum h_k D_k$  とし、 $N(D) = A(D) H(D) = \sum \epsilon_i D_i$  で定義される多項式に基づいて、下記数 1 式で定義される信号品質評価値  $S$  を算出し、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする光ディスクの信号品質評価方法。

## 【数 1】

$$S = \frac{N(\sum_i \epsilon_i^2)^2}{\sum_{k=1}^N (\sum_i \epsilon_i v_{k+i})^2}$$

## 【請求項 4】

前記タップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせのうち、ユークリッド距離  $d = \sum \epsilon_i^2$  を最小とするタップ係数  $\epsilon$  の組み合わせ及び 2 番目に小さいユークリッド距離  $d$  を与えるタップ係数  $\epsilon$  の組み合わせの少なくとも 2 つに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする請求項 3 に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 5】

パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1$ 、 $h_1 = 2$ 、 $h_2 = 2$ 、 $h_3 = 2$ 、 $h_4 = 1$  を用い、前記ユークリッド距離  $d$  が 12 または 14 となる前記タップ係数  $\epsilon$  の組み合わせそれぞれに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする請求項 3 に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 6】

パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1$ 、 $h_1 = 2$ 、 $h_2 = 2$ 、 $h_3 = 2$ 、 $h_4 = 1$  を用い、前記タップ係数  $\epsilon$  の組み合わせのうち、下記の少なくとも 3 つの組み合わせそれぞれに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする請求項 3 に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【数 2】

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 2, \varepsilon_3 = 2, \varepsilon_4 = 1$$

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \varepsilon_3 = 0, \varepsilon_4 = -1, \varepsilon_5 = -2, \varepsilon_6 = -1$$

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \varepsilon_3 = 0, \varepsilon_4 = 0, \varepsilon_5 = 0, \varepsilon_6 = 1, \varepsilon_7 = 2, \varepsilon_8 = 1$$

## 【請求項 7】

パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1, h_1 = 2, h_2 = 2, h_3 = 2, h_4 = 1$  を用い、等化誤差  $v_k$  及びサンプル数  $N$  に対して  $R_i = \sum v_k v_{k+1} / N$  とし、下記数 3 式、数 4 式、数 5 式で表される第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値を調べて光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【数 3】

$$S_1 = \frac{14}{R_0 + (12R_1 + 8R_2 + 4R_3 + R_4)/7}$$

## 【数 4】

$$S_2 = \frac{12}{R_0 + (8R_1 + R_2 - 4R_3 - 6R_4 - 4R_5 - R_6)/6}$$

## 【数 5】

$$S_3 = \frac{12}{R_0 + (8R_1 + 2R_2 + R_4 + 4R_5 + 6R_6 + 4R_7 + R_8)/6}$$

## 【請求項 8】

前記所定のデータ列が、前記再生等化信号を、ビタビ復号器により 2 値化したデータであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 9】

前記サンプル数  $N$  が  $10^4$  個以上であることを特徴とする請求項 3 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の光ディスクの信号品質評価方法。

## 【請求項 10】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号  $y_k$  の品質評価装置であって、

所定のデータ列  $a_k$  及び所定のパーシャルレスポンス特性  $h_k$  から、目標信号  $\sum a_k - i h_i$  を算出する目標信号生成器と、

前記再生等化信号  $y_k$  と前記目標信号  $\sum a_k - i h_i$  とから、等化誤差  $v_k = (y_k - \sum a_k - i h_i)$  を算出する演算器と、

前記等化誤差の自己相関を用いて、前記再生等化信号の品質評価値を算出する手段とを備えた品質評価装置。

## 【請求項 11】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号  $y_k$  の品質評価装置であって、

所定のデータ列  $a_k$  及び所定のパーシャルレスポンス特性  $h_k$  から、目標信号  $\sum a_k - i h_i$  を算出する目標信号生成器と、

前記再生等化信号  $y_k$  と前記目標信号  $\sum a_k - i h_i$  とから、等化誤差  $v_k = (y_k - \sum a_k - i h_i)$  を算出する演算器と、

複数の遅延素子で構成され、前記等化誤差が供給され、複数時刻の等化誤差  $v_k$ 、 $v_{k-1}$ 、 $\dots$ 、 $v_{k-n+1}$  を出力する遅延素子群と、

前記遅延素子群出力が供給され、下記  $R_n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, L-1$ ) を求めて出力する手段と、

前記  $R_n$  を、係数  $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\dots$ 、 $\beta_{L-1}$  で重み付けし、雑音分散  $\sum \beta_i R_i$  を求める雑音分散算出手段と、

前記雑音分散を用いて、前記再生等化信号の品質評価値を算出する手段とを備えた品質評価装置。

【数 6】

$$R_n = E\{v_k, v_{k-n}\}, (E\{x_i, y_j\} \text{ は、積 } x_i y_j \text{ の平均値})$$

【請求項 12】

光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号  $y_k$  の品質評価装置であって、

所定のデータ列  $a_k$  及び所定のパーシャルレスポンス特性 ( $h_0=1$ ,  $h_1=2$ ,  $h_2=2$ ,  $h_3=2$ ,  $h_4=1$ ) から、目標信号  $\sum a_{k-i} h_i$  を算出する目標信号生成器と、

前記再生等化信号  $y_k$  と前記目標信号  $\sum a_{k-i} h_i$  とから、等化誤差  $v_k = (y_k - \sum a_{k-i} h_i)$  を算出する演算器と、

複数の遅延素子で構成され、前記等化誤差が供給され、複数時刻の等化誤差  $v_k$ 、 $v_{k-1}$ 、 $\dots$ 、 $v_{k-n+1}$  を出力する遅延素子群と、

前記遅延素子群出力が供給され、下記  $R_n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, L-1$ ) を求めて出力する手段と、

前記  $R_n$  を、係数  $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\dots$ 、 $\beta_{L-1}$  で重み付けし、雑音分散  $\sum \beta_i R_i$  を求める雑音分散算出手段と、

前記雑音分散を用いて、前記再生等化信号の品質評価値を算出する手段とを備えた品質評価装置。

【数 7】

$$R_n = E\{v_k, v_{k-n}\}, (E\{x_i, y_j\} \text{ は、積 } x_i y_j \text{ の平均値})$$

【請求項 13】

前記雑音分散算出手段は、

係数  $\beta_0=1$ 、 $\beta_1=12/7$ 、 $\beta_2=8/7$ 、 $\beta_3=4/7$ 、 $\beta_4=1/7$  を用いて第 1 の雑音分散  $\sigma_1^2$  を求め、

係数  $\beta_0=1$ 、 $\beta_1=8/6$ 、 $\beta_2=1/6$ 、 $\beta_3=-4/6$ 、 $\beta_4=-1$ 、 $\beta_5=-4/6$ 、 $\beta_6=-1/6$  を用いて第 2 の雑音分散  $\sigma_2^2$  を求め、

係数  $\beta_0=1$ 、 $\beta_1=8/6$ 、 $\beta_2=2/6$ 、 $\beta_3=0$ 、 $\beta_4=1/6$ 、 $\beta_5=4/6$ 、 $\beta_6=1$ 、 $\beta_7=4/6$ 、 $\beta_8=1/6$  を用いて第 3 の雑音分散  $\sigma_3^2$  を求め、

前記品質評価値算出手段は、

$(14/\sigma_1^2)$ 、 $(12/\sigma_2^2)$ 、 $(12/\sigma_3^2)$  の中で、最小の値を用いて前記品質評価値を算出する、

請求項 12 に記載の品質評価装置。

【請求項 14】

請求項 10 から請求項 13 のいずれか 1 つに記載の品質評価装置を搭載した、光ディスク装置。

【請求項 15】

前記所定のデータ列は、前記再生等化信号をビット復号することにより得られるデータ列であることを特徴とする請求項 10 から請求項 13 のいずれか 1 つに記載の品質評価装置。

【請求項 16】

請求項 3 に記載の信号品質評価値  $S$  の値あるいは請求項 7 に記載の第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 12 以上となる条件でデータが記録されていることを特徴とする光ディスク。

【請求項 17】

請求項 3 に記載の信号品質評価値  $S$  の値あるいは請求項 7 に記載の第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 15 以上となる条件でデータが記録されていることを特徴とする光ディスク。

【請求項 18】

請求項 3 に記載の信号品質評価値  $S$  の値あるいは請求項 7 に記載の第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 12 以上となる条件で、記録もしくは再生を行うことを特徴とする光ディスクの記録再生あるいは再生装置。

【請求項 19】

請求項 3 に記載の信号品質評価値  $S$  の値あるいは請求項 7 に記載の第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 15 以上となる条件で、記録もしくは再生を行うことを特徴とする光ディスクの記録再生あるいは再生装置。

【請求項 20】

クロック周期毎の再生信号の値及び所定のデータ列及び所定のパルシャルレスポンス特性から求められる目標信号を生成する機能と、クロック周期毎の再生信号と目標信号との差異である等化誤差を算出する機能とを有する光ディスクの記録再生あるいは再生装置。

【請求項 21】

異なる時刻における前記等化誤差の和あるいは積あるいは積和演算を行う機能を有する請求項 20 に記載の光ディスクの記録再生あるいは再生装置。

【請求項 22】

前記等化誤差を少なくとも  $10^4$  個以上算出することを特徴とする請求項 20 又は請求項 21 に記載の光ディスクの記録再生あるいは再生装置。

**【書類名】明細書**

**【発明の名称】** 光ディスク及び光ディスク記録再生装置および光ディスクの信号品質評価方法

**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光学情報の信号品質評価方法及び光学情報の記録再生装置及び光ディスクに関する。

**【背景技術】****【0002】**

光ディスクは、予めデータが記録された再生専用の光ディスクと情報の記録が可能な光ディスクの2種類に分類される。再生専用の光ディスクでは、通常マスタリングプロセスと呼ばれる露光プロセスを利用して光ディスク上にエンボス（物理的な凹凸）を形成することでデータが記録される。記録が可能な光ディスクでは、光ディスクに集光されたレーザー光を照射して、記録膜の何らかの物理的な特性を変化させることで記録が行われる。

**【0003】**

従来、光ディスクに記録されたこれらの信号の品質評価は、光ディスクにレーザーを照射して得られる再生信号のジッタ特性を測定して行われるのが一般的であった（例えば、非特許文献1参照）。ジッタ特性は通常、図3に示すように、再生信号をある基準電位でスライスして得られるエッジ位置の時間的な揺らぎとして表現される。

**【非特許文献1】** 光ディスク技術：ラジオ技術社p.212-p.220

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、図3から分かるように、記録密度が高くなるとマーク長が短い場合には信号振幅が低下し、エッジ位置検出のためのスライスレベルを横切らなくなってしまう。このため、ジッタ測定が困難となる。更に、記録容量向上のために記録密度を高くすると、図3に示すように、符号間干渉の影響が大きくなり信号振幅が低下して、エッジ位置検出のためのスライスレベルを横切らなくなってしまう。その結果、ジッタ測定が困難となる。

**【0005】**

符号間干渉を低減するように、等化器を用いて再生波形をフィルタリングする手法が従来用いられていた。しかしながら、通常等化器は符号間干渉を抑制する一方で、ノイズ成分を高めてしまうため、記録密度が非常に高くなった場合には、再生信号から記録された元データを復号することが困難となってしまう。

**【0006】**

記録密度が非常に高い場合に、精度良くデータを復号する手法として、PRML（Partial-Response Maximum-Likelihood）と呼ばれる信号検出方法が知られている。この手法では、ノイズ成分を高めないように、再生波形を符号間干渉を有する波形に等化（PR等化）し、ビタビ復号（ML）と呼ばれる手法でデータを識別する。PR等化は、データ周期（クロック）毎の振幅で規定され、例えば、PR(abc)は、時刻0での振幅がa、時刻Tでの振幅がb、時刻2Tでの振幅がc、それ以外の時刻での振幅は0となる。振幅が0でない成分の総数は拘束長と呼ばれる。

**【0007】**

PRMLでは、エッジ位置を検出してデータを復号するのではなく、再生波形をクロック周期毎にサンプリングして得られた値を用いて、ビタビ復号によりデータを復号する。このため、エッジ位置の時間的な揺らぎ情報だけでは、PRMLの検出性能を推測することは困難である。

**【0008】**

そこで、本発明は、記録密度が高く、ジッタ測定が困難な場合に、ジッタに変わる信号品質評価指標及びその基準値を提供することを目的とする。



## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

上記課題を解決するために本発明は、光ディスク媒体に予めエンボス形成により記録、もしくは光学的情報記録装置により記録された信号を再生等化した再生等化信号の品質評価方法において、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出し、この等化誤差の自己相関に基づいて信号品質を評価することを特徴とする。

## 【0010】

また、ある二組の時系列データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるノイズベクトル上に等化誤差を射影し、射影された等化誤差の分散と、前記二組の時系列データの差分とパーシャルレスポンス特性とを用いて定義されるユークリッド距離との比に基づいて信号品質を評価することを特徴とする。

## 【0011】

また、信号の品質評価方法において、クロック周期毎の再生等化信号の値  $y_k$ 、所定のデータ列  $a_k$ 、所定のパーシャルレスポンス特性  $h_k$  に対して、等化誤差を  $v_k = (y_k - \sum a_{k-i} h_i)$ 、クロック時間を単位とする時間遅延演算子を  $D$ 、1, 0, -1 の 3 種類のいずれかの値を取り、かつ、 $\alpha_j \alpha_{j+1} \neq -1$  を満足する係数を  $\alpha_j$  として定義される多項式を  $A(D) = \alpha_j D^j$ 、パーシャルレスポンスを規定する  $PR$  多項式を  $H(D) = h_k D^k$  とし、 $N(D) = A(D)H(D) = \sum \epsilon_i D^i$  で定義される多項式に基づいて、下記数 8 式

## 【数 8】

$$S = \frac{N(\sum_i \epsilon_i^2)^2}{\sum_{k=1}^N (\sum_i \epsilon_i v_{k+i})^2}$$

で定義される信号品質評価値  $S$  を算出し、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする。

## 【0012】

さらに、前記タップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせのうち、ユークリッド距離  $d = \sum \epsilon_i^2$  を最小とするタップ係数  $\epsilon$  の組み合わせ及び 2 番目に小さいユークリッド距離  $d$  を与えるタップ係数  $\epsilon$  の組み合わせの少なくとも 2 つに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする。

## 【0013】

さらに、パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1$ 、 $h_1 = 2$ 、 $h_2 = 2$ 、 $h_3 = 2$ 、 $h_4 = 1$  を用い、前記ユークリッド距離  $d$  が 12 または 14 となる前記タップ係数  $\epsilon$  の組み合わせそれぞれに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする。

## 【0014】

また、パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1$ 、 $h_1 = 2$ 、 $h_2 = 2$ 、 $h_3 = 2$ 、 $h_4 = 1$  を用い、前記タップ係数  $\epsilon$  の組み合わせのうち、下記の少なくとも 3 つの組み合わせそれぞれに対して得られる前記信号品質評価値  $S$  の値に基づいて、光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする。

## 【0015】

## 【数 9】

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 2, \varepsilon_3 = 2, \varepsilon_4 = 1$$

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \varepsilon_3 = 0, \varepsilon_4 = -1, \varepsilon_5 = -2, \varepsilon_6 = -1$$

$$\varepsilon: \varepsilon_0 = 1, \varepsilon_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \varepsilon_3 = 0, \varepsilon_4 = 0, \varepsilon_5 = 0, \varepsilon_6 = 1, \varepsilon_7 = 2, \varepsilon_8 = 1$$

## 【0016】

また、パーシャルレスポンス特性として、 $h_0 = 1, h_1 = 2, h_2 = 2, h_3 = 2, h_4 = 1$  を用い、等化誤差  $v_k$  及びサンプル数  $N$  に対して  $R_i = \sum v_k v_{k+1} / N$  とし、下記数 10 式、数 11 式、数 12 式で表される第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値を調べて光ディスクに記録された信号の品質を評価することを特徴とする。

## 【0017】

## 【数 10】

$$S_1 = \frac{14}{R_0 + (12R_1 + 8R_2 + 4R_3 + R_4)/7}$$

## 【数 11】

$$S_2 = \frac{12}{R_0 + (8R_1 + R_2 - 4R_3 - 6R_4 - 4R_5 - R_6)/6}$$

## 【数 12】

$$S_3 = \frac{12}{R_0 + (8R_1 + 2R_2 + R_4 + 4R_5 + 6R_6 + 4R_7 + R_8)/6}$$

## 【0018】

また、本発明は、等化誤差を算出するための目標信号を生成するためのデータ列として、ビタビ復号器により 2 値化したデータを用いることを特徴とし、また、 $10^4$  個以上の等化誤差を使用して信号品質を評価することを特徴とする。

## 【0019】

また、本発明にかかる光ディスクは、前記信号品質評価値  $S$  の値あるいは前記第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 12 以上より好ましくは 15 以上となる条件でデータが記録されていることを特徴とする。

## 【0020】

また、本発明にかかる光ディスクの記録再生あるいは再生装置は、前記信号品質評価値  $S$  の値あるいは前記第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の値が 12 以上より好ましくは 15 以上となる条件で、記録もしくは再生を行うことを特徴とする。

## 【0021】

さらに、本発明にかかる光ディスクの記録再生あるいは再生装置は、クロック周期毎の再生信号の値及び所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から求められる目標信号を生成する機能と、クロック周期毎の再生信号と目標信号との差異である等化誤差を算出する機能とを有することを特徴とする。

## 【0022】

また、本発明にかかる光ディスクの記録再生あるいは再生装置は、異なる時刻における

前記等化誤差の和あるいは積あるいは積和演算を行う機能を有することを特徴とし、また、前記等化誤差を少なくとも  $10^4$  個以上算出することを特徴とする。

#### 【0023】

PRMLではビタビ復号と呼ばれるアルゴリズムに基づいてデータの判別が行われる。ビタビ復号では、クロック周期毎に、再生信号の値とパーシャルレスポンスで定められる所定のレベルとの差の自乗を算出し、各パスに沿ってその自乗和を算出し、自乗和が最小となるパスを選択することによりデータの復号が行われる。

#### 【0024】

ビタビ復号で検出誤りが起きやすいのは、パス間のユークリッド距離が小さい場合である。異なるパス間のユークリッド距離  $d$  は、一方のパスに沿ったデータ列  $b_k$  で定められる多項式を  $B(D) = \sum b_k D^k$ 、他方のパスに沿ったデータ列  $c_k$  ( $b_k, c_k$  は1もしくは-1の2値データ) で定められる多項式を  $C(D) = \sum c_k D^k$ 、パーシャルレスポンスを規定する多項式  $H(D) = \sum h_k D^k$  として、 $N(D) = (B(D) - C(D))H(D) = 2 \sum \epsilon_i D^i$  として、 $d^2 = 4 \sum \epsilon_i^2$  で定義される。ここで、 $D$  はクロック時間を単位とする時間遅延演算子を表し、 $h_k$  は所定のパーシャルレスポンス特性を表す。パーシャルレスポンス特性は、一般に0でない  $h_k$  の成分を使用して  $PR(h_0, h_1, h_2, h_3, \dots)$  と記述される。

#### 【0025】

パーシャルレスポンス特性を  $h_0 = 1, h_1 = 2, h_2 = 1, h_3$  以降はすべて0 (この場合  $PR(1, 2, 1)$  と表現される) とし、データ列  $b_k$  を  $b_0 = 1, b_1 = 1, b_2 = -1, b_3$  以降はすべて-1、また、データ列  $c_k$  を  $c_0 = -1, c_1 = 1, c_2 = 1, c_3$  以降はすべて-1としよう。この場合、データ列  $b_k$  に沿ったパスとデータ列  $c_k$  に沿ったパス間のユークリッド距離は、 $N(D) = 2(1 - D^2)(1 + 2D + D^2) = 2 \times (1 + 2D - 2D^3 - D^4)$  から  $d^2 = 4 \times (1 \times 1 + 2 \times 2 + 2 \times 2 + 1 \times 1)$  と求められる。

#### 【0026】

2値データを表現するのに1/0の組み合わせを用いる場合と、1/-1の組み合わせを用いる場合があるが、本明細書では1/-1の組み合わせを用いて説明する。なお、1/0の組み合わせを用いた場合の波形の振幅は、1/-1の組み合わせを用いた場合における波形の振幅の1/2となるので、数10から数12で定義されている評価値  $S_1 \sim S_3$  の分子を1/4にすれば良い、すなわち、3.5あるいは3とすれば良い。

#### 【0027】

PR多項式が規定されれば、各々の  $\epsilon_i$  の組み合わせについてパス間のユークリッド距離を算出することができる。なお、光ディスクでは一般に  $d \geq 1$  のラン長制限の記録符号が用いられ、例えば、 $d = 1$  の記録符号の場合、ディスク上には  $2T$  以上の長さのマークが記録される。この制限をユークリッド距離算出において考慮するには、タップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせについて  $\epsilon_i \epsilon_{i+1} \neq -1$  という制約を課せば良い。すなわち、 $\epsilon_i \epsilon_{i+1} = -1$  を満たすデータ列は例えば、データ列  $b_k$  として、 $(x, 1, -1, y)$ 、データ列  $c_k$  として、 $(x, -1, 1, y)$  が考えられる。しかしながら、 $d = 1$  の制限下では、 $(1, -1, 1)$  もしくは  $(-1, 1, -1)$  というパターンは禁じられているので、 $x = -1$  もしくは  $y = 1$  の場合にはデータ列  $b_k$  がラン長制限を破るパターン (存在し得ないパターン) となり、また、 $x = 1$  もしくは  $y = -1$  の場合にはデータ列  $c_k$  がラン長制限を破るパターンとなる。そのため、ラン長制限を満たしつつ、 $\epsilon_i \epsilon_{i+1} = -1$  を満足するデータ列  $b_k, c_k$  の組み合わせは存在しないこととなる。また、ディスク上に記録されるマークの長さが  $3T$  以上の場合には  $\epsilon_i \epsilon_{i+1} \neq -1$ 、かつ、 $\epsilon_i \epsilon_{i+2} \neq -1$  の制約を課せば良い。

#### 【0028】

ユークリッド距離が  $d$  の2つのパス間で検出誤りが起こる確率は、例えば、データ列  $b_k$  を基準に考えると、ノイズの影響により  $\sum (y_k - \sum b_{k-i} h_i)^2$  が  $\sum (y_k - \sum c_{k-i} h_i)^2$  より大きくなる確率と等価である。データ列  $b_k$  を基準に考えた場合、 $y_k - \sum b_{k-i} h_i$  は等化誤差であり、また、 $\sum (y_k - \sum b_{k-i} h_i)^2$  と  $\sum (y_k - \sum c_{k-i} h_i)^2$  の大小関係は、 $B(D)H(D)$  と  $C(D)H(D)$  の差で定義

される多項式の係数をベクトルの成分と見なしてエラーベクトルを定義し、そのエラーベクトル上に等化誤差を射影して考えても良い。この場合、検出誤りが起こる確率は、エラーベクトル上に射影されたノイズの大きさ（ノイズの分散）が、パス間のユークリッド距離の半分より大きくなる確率で定義されることになる。従って、パス間のユークリッド距離とエラーベクトル上に射影されたノイズの分散の比を算出すれば、信号品質を推定することが可能となる。なお、基準となるデータ列は、記録条件の調整時など事前にデータが分かっている場合にはそのデータ列を、また、データが分からない場合には、確からしいデータである、ビタビ復号器により2値化されたデータを用いれば良い。

【0029】

データ列  $b_k$  を  $b_0 = -1$ ,  $b_1 = 1$ ,  $b_2$  以降すべて1、また、データ列  $c_k$  を  $c_0 = 1$ ,  $c_1$  以降もすべて1とすると、 $A(D) = C(D) - B(D) = 2 \sum \alpha_j D^j$  において、 $\alpha_0 = 1$ ,  $\alpha_1$  以降はすべて0となる。例えば、 $H(D)$  として、 $h_0 = 1$ ,  $h_1 = 2$ ,  $h_2 = 2$ ,  $h_3 = 1$  を用いる場合（PR(1,2,2,1)に相当）、エラーベクトルを規定する多項式  $N(D) = A(D)H(D) = 2 \sum \epsilon_i D^i$  の係数  $\epsilon_i$  は  $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  の順に(1,2,2,1)となる。したがって、PR(1221)に対して、上記データ列  $b_k$  を上記データ列  $c_k$  と誤る確率は、 $2 \times (1,2,2,1)$  上に射影された等化誤差の大きさが2つのパス間のユークリッド距離（この場合は、 $2 \times (1 + 2 \times 2 + 2 \times 2 + 1)^{1/2}$ ）の半分より大きくなる確率となる。等化誤差のエラーベクトル上への射影は、下記数13式

【数13】

$$\frac{2 \sum_i \epsilon_i v_{k+i}}{2 \sqrt{\sum_i \epsilon_i^2}}$$

で表されるので、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散CNは下記数14式

【数14】

$$CN = \frac{\sum_{k=1}^N \left( \sum_i \epsilon_i v_{k+i} \right)^2}{N \sum_i \epsilon_i^2}$$

で表されることとなる。信号振幅に相当する2つのパス間のユークリッド距離の半分は下記数15式

【数15】

$$\sqrt{\sum_i \epsilon_i^2}$$

であり、電力に相当するその振幅の自乗Eは下記数16式

【数16】

$$E = \sum_i \epsilon_i^2$$

であるので、 $E/CN$ が誤り確率と相関を有する指標として求められる。なお、 $A(D)$  及び  $N(D)$  の全体にかかる係数2は、計算結果に影響を与えないので、係数2を省略して、 $A(D) = \sum \alpha_j D^j$ ,  $N(D) = \sum \epsilon_i D^i$  として式を算出しても結果は同一である。

【0030】

以上説明したように、クロック周期毎の再生等化信号の値  $y_k$ 、目標信号生成のための所定のデータ列  $a_k$ 、所定のパーシャルレスポンス特性  $h_k$  に対して、等化誤差を  $v_k = (y_k - \sum a_k - i h_i)$ 、クロック時間を単位とする時間遅延演算子を  $D$ 、1, 0, -1 の 3 種類のいずれかの値を取り、かつ、 $\alpha_j - \alpha_{j+1} \neq -1$  を満足する係数を  $\alpha_j$  として定義される多項式を  $A(D) = \sum \alpha_j D_j$ 、パーシャルレスポンスを規定する PR 多項式を  $H(D) = \sum h_k D_k$  とし、 $N(D) = A(D)H(D) = \sum \varepsilon_i D_i$  で定義される多項式に基づいて、下記数 17 式

【数 17】

$$S = \frac{N(\sum_i \varepsilon_i^2)^2}{\sum_{k=1}^N (\sum_i \varepsilon_i v_{k+i})^2}$$

で定義される信号品質評価値を算出すれば、検出誤りを起こす確率、すなわち再生信号の信号品質を評価することが可能となる。

【0031】

誤りやすいデータ列の組み合わせの一例として、上記では、 $b_k$  と  $c_k$  を引用して説明を行ったが、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散を算出する際、必ずしも、特定のデータ列のみを選択して等化誤差を算出する必要はなく、すなわち、目標信号生成のためのデータ列  $a_k$  の中からデータ列  $b_k$  に相当する時刻を抽出して等化誤差の分散を算出する必要はなく、毎クロック時刻毎に算出された等化誤差を用いて分散を算出することができる。これは、等化誤差がガウス分布に従って確率的に分布しているのであれば、特定部分を抽出して分散を算出しても、全体を用いて分散を算出しても結果は変わらないからである。もちろんある特定のデータ列  $b_k$  にのみ着目してノイズの分散を計算しても良いが、ボタンを選別せずに等化誤差の分散を算出する方が回路の構成がより簡略になるという利点がある。

【発明の効果】

【0032】

本発明を用いることにより、ジッタでは信号品質が評価できないような高記録密度条件下で、光学的情報記録媒体に記録された信号の品質を評価することが可能となる。また、本発明で規定した信号品質を指標として、記録あるいは再生条件を最適化することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

図 1 は前述の信号品質評価値  $S$  を算出するための機能ブロックの一例を表している。再生波形を AD 変換器 10 により一定周波数でサンプリングした後、PLL（位相同期ループ）回路を含んだ等化器 11 によりクロック周期毎の等化再生波形データが得られる。等化は、ノイズ成分をできるだけ抑制しつつ、再生波形が PR 波形に基づく目標波形にできるだけ近づくように等化される。信号品質評価器 12 は、入力した等化再生波形を用いて信号品質評価値  $S$  を算出して、再生波形の品質評価を行う。なお、再生専用の光ディスクの場合や他の記録装置で記録された記録可能な光ディスクの場合、ディスクに記録された元データ  $a_k$  は常に予め知られているとは限らない。この場合は、信号品質評価器 12 に含まれる識別器（ビタビ復号）により 2 値化されたデータを  $a_k$  として代用すれば良い。

【0034】

図 1 に示した信号品質評価器 12 の一例を詳細に示したのが図 2 である。基準の PR 波形を  $h_i$ 、識別器 20（ビタビ復号器が代表的）により 2 値化データを  $a_k$  とすると、目標信号生成器 21 により目標信号  $R_k$  が下記数 18 式

## 【数 18】

$$R_k = \sum_i a_{k-i} \times h_i$$

に基づいて生成され、等化されたクロック周期毎の再生信号（等化信号） $y_k$  と目標信号  $R_k$  との差である等化誤差  $v_k$  が比較演算器 22 により求められる。等化誤差  $v_k$  をエラーベクトル上に射影するため、タップ 23 によりクロック周期毎に等化誤差  $v_k$  を遅延させ、タップ係数  $\epsilon_i$  を介して足し合わせる構成となっている。ここで、単位遅延素子、係数乗算器、および加算器によってトランスバーサルフィルタが構成されている。

## 【0035】

タップ係数  $\epsilon_i$  は、前述した  $N(D)$  の係数である。タップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせを  $j$  で区別し、それに対応する信号品質評価値  $S$  の値を第  $j$  の信号品質評価値  $S_j$  と定義すると、図 2 に示したタップ 23 (D) の総数  $m$  は  $j$  によって変化することになる。例えば、仮に  $j=1$  に対応するタップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせを  $\epsilon_0=1, \epsilon_1=1, \epsilon_2=0, \epsilon_3=0, \epsilon_4=1, \epsilon_5$  以降はすべて 0 とし、 $j=2$  に対応するタップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせを  $\epsilon_0=1, \epsilon_1=2, \epsilon_2=1, \epsilon_3$  以降はすべて 0 とする。この場合、第 1 の信号品質評価値  $S_1$  を算出する場合は  $m=4$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$  を算出する場合は  $m=2$  となる。組み合わせ  $j$  に応じてタップ数を変化させるのが煩雑な場合は、タップ数を十分に多く（例えば 15～20 程度）確保しておき、計算に必要なタップ係数を 0 に設定しておけば良い。

## 【0036】

タップ係数を介して足し合わされた等化誤差  $\sum \epsilon_i \times v_{k+i}$  を乗算器 24 で自乗し、等化誤差のサンプル総数  $N$  について和算器 25 により足し合わせることで、エラーベクトル上に射影されたノイズの分散に比例する値が求められる。なお、この値を  $N$  及び  $\sum \epsilon_i^2$  で割ると分散になるが、 $N$  及び  $\sum \epsilon_i^2$  は定数であるので乗算器 27 の係数として用いられている。除算器 26 によりこの値の逆数を取り、乗算器 27 で  $(N \sum \epsilon_i^2) \times \sum \epsilon_i^2$  との積を取ることで信号品質評価値  $S$  が求められる。なお、再生波形のサンプル総数は正確には  $(N+m)$  必要であるが、 $N$  は  $10^4$  以上（必要なサンプル総数については後述する）であるのに対し、 $m$  はただか 20 程度であるので、本明細書中ではサンプル数を  $N$  として統一して表現している。

## 【実施例 1】

## 【0037】

厚さ 0.6 mm のポリカーボネート基板に予めエンボス記録されたビットデータ列を有する再生専用の光ディスクを用いて、ビットエラーレート (BER) と  $S$  の関係を調べた。

## 【0038】

本実施例において基板に形成されたビット列は、(1-7) 変調方式に基づいて変調されたランダムデータにより記録されており、最短ビットである 2 T ビットの長さは 0.2  $\mu\text{m}$ 、ビットの半径方向の間隔は 0.4  $\mu\text{m}$  であった。この ROM ディスクを波長 405 nm、対物レンズの開口数 (NA) 0.65 の光ヘッドを用いて、線速 6.6 m/s、再生パワー 0.5 mW の条件で再生し（この場合、クロック周期  $T$  は 15.15 ns となる）、再生波形を PR (1221) に等化して、ビットエラーレート BER 及び信号品質評価値  $S$  の測定を行った。ビットエラーレート BER は光ディスクに記録された元データとビタビ復号により 2 値化されたデータとを比較することにより行った。信号品質評価値  $S$  は、PR 等化後の再生波形の  $T$  毎の値を  $10^5$  個と、ビタビ復号により 2 値化されたデータとを用いて算出した。

## 【0039】

(1-7) 変調は  $d \geq 1$  制限の符号であり、PR (1221) に対しては、表 1 に挙げたタッ

ブ係数  $\varepsilon_i$  に対してユークリッド距離が小さくなる。表 1 のパターン 1 で識別したタップ係数  $\varepsilon_i$  の組み合わせ (1 2 2 2 1) は、ビタビ検出で誤りやすい 2 組のデータ列、例えば、 $b_k: (1\ 1\ 1\ 1\ -1\ -1\ \dots)$  と  $c_k: (-1\ 1\ 1\ 1\ -1\ -1\ \dots)$  と、パーシャルレスポンス特性 (1 2 2 2 1) から定められるエラーベクトルである。なお、表 1 に示したパターン 2 以降のタップ係数  $\varepsilon_i$  の組み合わせに対しては、2 T のマーク／スペースが連続する回数の上限（データ列として +1 +1 -1 -1 が連続する回数の上限: -1 -1 -1 +1 +1 -1 -1 -1 のような場合には 1 回、-1 -1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 +1 のような場合には 2 回と数える）によって、(1, 2, 1) と (-1, -2, -1) の間の 0 の数及び (1, 2, 1) と (1, 2, 1) の間に入る 0 の上限が決まる。すなわち、2 T のマーク／スペースが連続する回数の上限が (2 n + 1) 回の場合、(1, 2, 1) と (-1, -2, -1) の間には最大 (4 n + 1) 個の 0 が入り、連続する回数の上限が (2 n + 2) 回の場合には、(1, 2, 1) と (1, 2, 1) の間には最大 (4 n + 3) 個の 0 が入ることになるので、その上限までのパターンを考慮して信号品質評価値 S を算出すれば良い。表 1 には、2 T の連続が最大 5 までの場合のタップ係数  $\varepsilon_i$  の例を示してあり、本実施例で用いた光学情報記録媒体上にエンボス記録されたパターンにおいても、2 T の連続は最大 5 までとした。

#### 【0040】

なお、表 1 に示したパターンと極性が反対のパターン（例えばパターン 1 に対しては、(-1 -2 -2 -1)）も考えられるが、求められる信号品質評価値 S の値は同一であるので、決まった極性（もしくはどちらの極性でもかまわないが、両方を評価する必要はない）のパターンのみ考慮しておけば良い。本実施例ではタップ総数を 14 個（第 6 の信号品質評価値  $S_6$  の算出に必要なタップ数に相当）に固定しておき、例えば、パターン 1 に対応する第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の値を算出する際には 5 番目以降のタップ係数はすべて 0 として算出を行った。

#### 【0041】

##### 【表 1】

$\varepsilon_i$  の組み合わせ例

パターン j	$\varepsilon_i$	$\sum \varepsilon_i^2$
1	1 2 2 2 1	14
2	1 2 1 0 -1 -2 -1	12
3	1 2 1 0 0 0 1 2 1	12
4	1 2 1 0 0 0 0 0 -1 -2 -1	12
5	1 2 1 0 0 0 0 0 0 0 1 2 1	12
6	1 2 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -2 -1	12

#### 【0042】

表 2 にチルトを変えながら測定した信号品質評価値 S の値を示す。第 j の信号品質評価値  $S_j$  は表 1 のパターン j に対して求めた信号品質評価値 S の値を表している。

#### 【0043】

【表 2】

チルトとSの関係

チルト(度)	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
-0.3	14	14.5	14.4	14.7	14.7	15
-0.2	15	15.4	15.4	15.9	15.9	16.2
-0.1	16.5	17.5	17.6	18	17.9	18.3
0	17	18	18.1	18.5	18.5	18.8
0.1	16.7	17.1	17.1	17.5	17.6	17.8
0.2	14.8	15.3	15.3	15.8	15.7	16
0.3	13.8	14.2	14.1	14.6	14.6	14.9

## 【0044】

表2にまとめたように、本実施例ではいずれの条件でもパターン1に対する信号品質評価値Sの値（第1の信号品質評価値） $S_1$ が最も小さかった。各チルト条件における信号品質評価値Sの最小値とビットエラーレートBERの関係を図4に示す。信号品質評価値Sの値とビットエラーレートBERには明確な相関があることが分かる。

## 【0045】

本実施例では予め光ディスクに記録されている元データを用いてビットエラーレートBERを測定することができたが、通常、再生専用ディスクに記録されている正確な元データを知ることは困難であるため、ビットエラーレートBERそのものを測定することはほとんどできない。そのため、ビットエラーレートBERを指標として再生条件の調整を行うことは非常に困難である。しかしながら、そのような場合であっても、本実施例で説明したように、信号品質評価値Sの値を指標として再生条件を調整することにより、光ディスクに記録された情報を安定に再生することが可能である。

## 【0046】

表2から分かるように、いずれのチルトでも第4の信号品質評価値 $S_4$ あるいは第6の信号品質評価値 $S_6$ は第2の信号品質評価値 $S_2$ より大きく、また、第5の信号品質評価値 $S_5$ も第3の信号品質評価値 $S_3$ より大きいので、 $\sum \epsilon_i^2 = 12$ に対するパターンとして、表1のパターン2及びパターン3のみを考慮して、より簡略に信号品質評価値Sの評価を行うことも可能である。

## 【0047】

なお、 $\sum \epsilon_i^2$ が3番目に小さいパターンとして、 $\sum \epsilon_i^2 = 16$ となるタップ係数 $\epsilon_i$ のパターンの例として(1 2 1 0 -1 -1 1 1 0 -1 -2 -1)、(1 2 1 0 0 0 1 1 -1 -1 0 1 2 1)などがあるが、表2には記述していないが、これらのパターンに対して得られる信号品質評価値Sの値は、 $\sum \epsilon_i^2 = 12$ あるいは14となるパターンに対して得られる信号品質評価値Sの値より小さくなることはなかったため、 $\sum \epsilon_i^2 = 16$ となるパターンに対して信号品質評価値Sの値を評価しておく必要は必ずしも無い。

## 【実施例2】

## 【0048】

厚さ0.6mmのポリカーボネート基板上に形成された相変化光ディスクを用いて、ビットエラーレートBERと信号品質評価値Sの関係を調べた。基板の案内溝のピッチは0.68 $\mu$ mとした。相変化光ディスクを線速5.6m/sで回転させながら、波長405nm、NA=0.65の光ヘッドを用いて、クロック周波数64.6MHz（クロック周期15.48ns）で（1-7）変調により変調されたランダムデータを記録再生して評価を行った。PR等化は実施例1と同様にPR(12221)とした。記録パワーを6mW、消去パワーを2.5mWとし、ランダムデータを20回オーバーライトした後、フォーカスオ



フセット量を変化させながら信号品質評価値  $S$  とビットエラーレート  $b E R$  を測定した。実施例 1 と同様に 2 T の連続は最大 5 までとして記録を行って、P R 等化後の再生波形のクロック毎の値を  $10^5$  個と、ビタビ復号により 2 値化されたデータとを用いて第 1 乃至第 6 の信号品質評価値  $S_1 \sim S_6$  の値を算出した。

【0049】

【表 3】

デフォーカスと  $S$  の関係

デフォーカス ( $\mu m$ )	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
-0.3	12	11.5	11.8	11.8	12	12
-0.2	15	14.4	14	14.7	14.3	15.1
-0.1	17	16.4	16.1	16.8	16.5	17
0	18	17.5	17	18	17.4	18.3
0.1	16.9	16.3	16	16.9	16.3	17.2
0.2	14.8	14.5	13.8	15	15	15.4
0.3	11.8	11.5	12	11.9	11.9	12.2

【0050】

表 3 にまとめたように、本実施例では、いずれの条件でもパターン 2 あるいはパターン 3 に対する信号品質評価値  $S$  の値が最も小さかった。各デフォーカス条件における信号品質評価値  $S$  の最小値とビットエラーレート  $b E R$  の関係を図 5 に示す。図 4 と同様に信号品質評価値  $S$  の値とビットエラーレート  $b E R$  には明確な相関があり、また、その相関も図 3 の場合と同様であることが分かる。また、信号品質評価値  $S$  の最小値が 12 以上であれば、ビットエラーレート  $b E R$  は  $3 \times 10^{-4}$  以下となることが確認できた。ビットエラーレート  $b E R 3 \times 10^{-4}$  はリードソロモン等の ECC (誤り訂正符号) を用いて実用上問題ないレベルに誤り訂正が可能な目安となる値である。従って、信号品質評価値  $S$  の最小値が 12 以上となるように、再生条件 (チルトやデフォーカス) を調整すれば、光ディスクの再生装置を安定に動作させることが可能となる。

【0051】

なお、再生条件後に外乱等の影響で信号品質が劣化することが考えられるので、再生条件調整時には装置安定動作のしきい値に対して 1 桁程度低いビットエラーレート  $b E R$  を実現しておくことが望ましい。このためには、図 5 から分かるように、信号品質評価値  $S$  が 15 以上を満足していれば良い。従って、信号品質評価値  $S$  の最小値としては少なくとも 12 以上、より好ましくは 15 以上の条件を満足するように再生条件を調整することが望ましい。

【0052】

なお、表 3 から分かるように、いずれのデフォーカス条件でも第 4 の信号品質評価値  $S_4$  あるいは第 6 の信号品質評価値  $S_6$  は第 2 の信号品質評価値  $S_2$  より大きく、また、第 5 の信号品質評価値  $S_5$  も第 3 の信号品質評価値  $S_3$  より大きいので、 $\sum \epsilon_i^2 = 12$  に対するパターンとして、表 1 のパターン 2 及びパターン 3 のみを考慮して、より簡略に信号品質評価値  $S$  の評価を行うことも可能である。

【0053】

以上説明したように、信号品質評価値  $S$  の値に基づいて記録再生条件を調整することが可能であるが、実施例 1 及び実施例 2 に示したように、信号品質評価値  $S$  が最小となるのは、第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  のいずれかであるので、この 3 つの信号品質評価値  $S$  の値を調べれば、より簡略に記録再

生条件を調整することができる。

【0054】

信号品質評価値  $S$  の値に基づいて記録条件あるいは再生条件を調整する機能を有する光学情報記録再生装置の例を図 9 に示す。光ヘッド 13 から読み出された再生信号の品質を信号品質評価器 12 により算出された信号品質評価値  $S$  の値に基づいて判断する。記録／再生条件調整器（例えば、チルトやデフォーカスあるいは記録パワーなど）14 により記録／再生条件を変化させながら、各条件毎に信号品質評価値  $S$  を算出し、信号品質評価値  $S$  が最大となる条件、もしくは、信号品質評価値  $S$  が一定の値（例えば上記したように 12 以上）となる記録／再生条件を見つけることで、情報の記録／再生を安定した条件で行うことができる。

【実施例 3】

【0055】

信号品質評価値  $S$  の値を算出する別の実施の形態について説明する。

【0056】

$\sum (v_k + 2v_{k+1} + 2v_{k+2} + 2v_{k+3} + v_{k+4})^2 = N \times (14R_0 + 24R_1 + 16R_2 + 8R_3 + 2R_4)$ 、 $(R_i = \sum v_k v_{k+i} / N$  と定義) であることを利用すると、実施例 1 あるいは実施例 2 における第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の値は、下記数 19 式

【数 19】

$$S_1 = \frac{14 \times 14}{14R_0 + 24R_1 + 16R_2 + 8R_3 + 2R_4}$$

$$= \frac{14}{R_0 + (12R_1 + 8R_2 + 4R_3 + R_4)/7}$$

と表現することもできる。同様に、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  も

【数 20】

$$S_2 = \frac{12 \times 12}{12R_0 + 16R_1 + 2R_2 - 8R_3 - 12R_4 - 8R_5 - 2R_6}$$

$$= \frac{12}{R_0 + (8R_1 + R_2 - 4R_3 - 6R_4 - 4R_5 - R_6)/6}$$

【数 21】

$$S_3 = \frac{12 \times 12}{12R_0 + 16R_1 + 4R_2 + 2R_4 + 8R_5 + 12R_6 + 8R_7 + 2R_8}$$

$$= \frac{12}{R_0 + (8R_1 + 2R_2 + R_4 + 4R_5 + 6R_6 + 4R_7 + R_8)/6}$$

と表現することができる。 $R_i$  は等化誤差の自己相関に相当し、 $R_0$  以外の値が 0 であれば、等化誤差は白色であることが分かる。なお、表 1 に示した第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  以外の信号品質評価値  $S$  の値、あるいは、任意のタップ係数  $\epsilon_i$  の組み合わせに対しても、同様の算出を行うことにより、自己相関の関数として信号品質評価値  $S$  を表現することが可能である。

【0057】

この表現で表される信号品質評価値  $S$  の値を算出するための信号品質評価器 12A の機能ブロックの構成の一例を示したのが図 6 である。図 2 の場合と異なり、等化誤差の自己

相関を計算し、それらを所定の重み付け（乗算器 61 により係数  $\beta_i$  を乗算）を行った後和を取る構成となっている。乗算器 61 の係数  $\beta_i$  は、例えば第 1 の信号品質評価値  $S_1$  を算出するには、第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の分子を  $14 \times 14$  とした場合は、 $\beta_0 = 14$ ,  $\beta_1 = 24$ ,  $\beta_2 = 16$ ,  $\beta_3 = 8$ ,  $\beta_4 = 2$ 、第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の分子を  $14$  とした場合は  $\beta_0 = 14/14$ ,  $\beta_1 = 24/14$ ,  $\beta_2 = 16/14$ ,  $\beta_3 = 8/14$ ,  $\beta_4 = 2/14$  とすれば良い。図 6 における乗算器 61 の個数は算出する第  $j$  の信号品質評価値  $S_j$  により変化し、上記の第 3 の信号品質評価値  $S_3$  を求めるには 9 個の乗算器が必要となる。この場合もパターンによって乗算器の個数を変化させるのが煩雑な場合は、十分多い（15～20 個程度）乗算器を確保しておき、演算に関係ない乗算器の係数を 0 にしておけば良い。

#### 【0058】

図 6 における平均は例えば、ローパスフィルタによって実現しても良いし、デジタル演算で処理しても良い。

#### 【0059】

また、図 6 において平均を取らない（サンプル総数  $N$  で割らない）構成を取ることもでき、その場合は、単に和を取って信号品質評価値  $S$  の分子（この例では 12 あるいは 14）に  $N$  をかければ良い。

#### 【0060】

図 6 に示した構成を用いて、実施例 1 及び実施例 2 と同様の測定を行ったところ、実施例 1 及び実施例 2 と同一の信号品質評価値  $S$  の値が得られることが確認できた。

#### 【0061】

なお、等化誤差の特性が明らかに白色であること、あるいは、白色に近いことが予め分かっている場合には、 $R_0$  のみを算出する構成を取ることもできる。

#### 【0062】

以上説明したように、PR (12221) 等化を用いる再生方法においては、クロック時刻毎の等化誤差  $v_m$  の自己相関に所定の積和演算を行って下記数 22 式、数 23 式、数 24 式で与えられる第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  を求め、その最小値を調べることで、再生等化信号の品質評価を行うことができる。

#### 【0063】

##### 【数 22】

$$S_1 = 14/\sigma_1^2, \sigma_1^2 = R_0 + (12R_1 + 8R_2 + 4R_3 + R_4)/7, R_i = \left( \sum_{m=1}^{m=N} v_m v_{m+i} \right) / N$$

##### 【数 23】

$$S_2 = 12/\sigma_2^2, \sigma_2^2 = R_0 + (8R_1 + R_2 - 4R_3 - 6R_4 - 4R_5 - R_6)/6, R_i = \left( \sum_{m=1}^{m=N} v_m v_{m+i} \right) / N$$

##### 【数 24】

$$S_3 = 12/\sigma_3^2, \sigma_3^2 = R_0 + (8R_1 + 2R_2 + R_4 + 4R_5 + 6R_6 + 4R_7 + R_8)/6, R_i = \left( \sum_{m=1}^{m=N} v_m v_{m+i} \right) / N$$

#### 【実施例 4】

#### 【0064】

実施例 1 に記載した再生専用光ディスクを用いて、再生波形のサンプリング値の総数と信号品質評価値  $S$  の関係を調べた。光ヘッド及び線速、PR 等化などの測定条件は、サンプリングの総数を除いて、実施例 1 と同一の条件とした。なお、本実施例では、チルト 0

度の条件で測定を行った。サンプリングの総数を変化させながら、各サンプル数条件で複数回測定を行って得られた信号品質評価値  $S$  の最小値（本実施例では第1の信号品質評価値  $S_1$ ）を図7に示す。図7から、サンプル数が10000より少ない場合には、信号品質評価値  $S$  の値が大きくばらついており、再生条件の調整が困難であることを示している。信号品質評価値  $S$  を指標として再生条件の調整を行うには、少なくとも10000以上のサンプル数が必要である。

#### 【0065】

また実際のディスクフォーマットに合わせて信号品質評価値  $S$  の値を計測する場合には、少なくとも一つのECCブロック単位で計測すれば都合がよい。例えば64KB単位のECCブロックの場合、786432ビットのサンプル数となり、信号品質評価値  $S$  の値の計測精度としては充分である。

#### 【実施例5】

#### 【0066】

実施例2で記載した相変化光ディスクを用いて、再生波形のサンプル数と信号品質評価値  $S$  の関係を調べた。光ヘッド及び線速、PR等化などの測定条件は、サンプリングの総数を除いて、実施例2と同一の条件とした。なお、本実施例では、フォーカスオフセットが0の条件で測定を行った。サンプリングの総数を変化させながら、各サンプル数条件で複数回測定を行って信号品質評価値  $S$  の値（この場合は信号品質評価値  $S$  の中で最小である第3の信号品質評価値  $S_3$  の値）を測定した結果、実施例5と同様に、サンプル数が10000より少ない場合には、信号品質評価値  $S$  の値が大きくばらつくことが確認された。従って、信号品質評価値  $S$  の値を指標として再生条件の調整を行うには、少なくとも10000以上のサンプル数が必要である。

#### 【実施例6】

#### 【0067】

図8に記録データが既知のときに信号品質を評価するための機能ブロックの一例を示す。なお、図8には等化誤差を算出するための機能ブロック図のみ示してあるが、等化誤差算出後の演算に関しては、図2あるいは図6に示した構成に基づいて信号品質を評価すれば良い。記録再生装置で自ら記録したデータに対し信号品質評価値  $S$  を測定する場合、記録データは予め分かっているため、ビタビ復号器出力の代わりに、既知の記録データを参照データとして用いて信号品質評価値  $S$  を測定する。また、再生専用装置であっても、光ディスク上の所定の位置には常に同一のデータが記録されており、かつ、前記同一のデータが既知の場合には、再生専用装置の内部メモリーに前記同一のデータを記憶し、これを参照データとして用いて信号品質評価値  $S$  を測定することも可能である。

#### 【実施例7】

#### 【0068】

PR(1221)と $d=1$ の記録符号を用いる場合は、表4に挙げたパターンについて信号品質評価値  $S$  の値を評価すれば良い。また、より簡略にパターン1及びパターン2についてのみ信号品質評価値  $S$  の値を評価しても良い。

#### 【0069】

#### 【表4】

$\epsilon_i$  の組み合わせ例

パターン	$\epsilon_i$	$\sum \epsilon_i^2$
1	1 2 2 1	10
2	1 2 1 - 1 - 2 - 1	12
3	1 2 1 - 1 - 1 1 2 1	14

#### 【0070】

なお、(1-7) 変調と PR (1221) の組み合わせの実施例を中心に記述したが、他の PR 方式と他の変調符号の組み合わせであっても、本発明により定式化された S の値を算出することにより、ジッタ測定が困難な記録密度であっても、信号品質の評価、記録再生条件の調整を行うことが可能である。

#### 【0071】

##### [その他の実施形態 1]

誤りやすいデータ列を判別せずに毎クロック時刻毎の等化誤差に基づいて信号品質評価を行う実施例について記述してきたが、誤りやすい所定のデータ列を判別して、そのデータ列に対する等化誤差を用いて光ディスクの信号品質を評価することも可能である。この場合、図 2 あるいは図 6 に記述した信号品質評価器中に図 10 に示したような判別器 71 を設け、誤りやすいデータパターンに対してのみ等化誤差を取り込んで評価するようにすれば良い。図 10 における判別器 71 は、判別器 71 で予め設定されたパターンについてのみ等化誤差をその後の処理ブロックに出力する役割を持っている。

#### 【0072】

PR (1221) を用いる再生方式では、実施例 1 で述べたように、 $\sum \epsilon_i^2$  が 1.2 あるいは 1.4 となるデータ列の組み合わせで誤検出が起きやすい。例えば、1.4 となるデータ列の組み合わせは、(x 1 1 1 -1 -1 x) と (x 1 1 -1 -1 -1 x) (ここで、x は 1/-1 どちらでも良い) のように 1 ビットのみ異なるデータ列の組み合わせであり、(x 1 1 1 -1 -1 x) のデータ列に対する等化誤差及び (x 1 1 -1 -1 -1 x) のデータ列に対する等化誤差に対して数 1.9 を適用することで第 1 の信号品質評価値  $S_1$  を算出することができる。なお、第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の算出対象となるデータ系列はこの 2 例に限らず、1 ビットのみ異なっているデータ系列全てがその対象となる。

#### 【0073】

また、第 2 の信号品質評価値  $S_2$  の算出対象となる、 $\sum \epsilon_i^2 = 1.2$  となるデータ列の組み合わせの一例は、(x x 1 1 1 -1 -1 1 x) と (x x 1 1 1 -1 -1 1 1 x) のように 2 T 時刻離れた 2 ビットが異なるものである。第 1 の信号品質評価値  $S_1$  の場合と同様に、(x x 1 1 1 -1 -1 1 x) のデータ系列に対する等化誤差及び (x x 1 1 1 -1 -1 1 1 x) のデータ系列に対する等化誤差に数 2.0 を適用することで第 2 の信号品質評価値  $S_2$  を算出することができる。なお、第 2 の信号品質評価値  $S_2$  の算出対象となるデータ系列はこの 2 例に限らず、2 T 時刻離れた 2 ビットが異なるデータ系列全てがその対象となる。

#### 【0074】

第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の算出対象となるデータ系列の組み合わせの一例は、(x 1 1 1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 x) と (x 1 1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 x) のように 2 T 時刻離れた 2 ビットが連続して異なるものである。

#### 【0075】

あらかじめ第 1 の信号品質評価値  $S_1$ 、第 2 の信号品質評価値  $S_2$ 、第 3 の信号品質評価値  $S_3$  の算出対象となるデータ列をデータ判別器 71 に登録しておき、データ判別器 71 にこれらのデータ列が入力された時にのみ、本実施例では、信号品質評価値 S を算出するための演算が行われることとなる。

#### 【0076】

図 10 では、目標信号生成器 21 からの信号が判別器 71 に入力される例を示しているが、識別器 (ビタビ復号器) 20 からの出力を判別器 71 に入力しても良い。

#### 【0077】

##### [その他の実施の形態 2]

信号品質評価器 12 が算出した信号品質評価値 S の値に基づいて記録条件または再生条件のいずれか一方または両方を調整する機能を有する記録/再生条件調整器 14 を備えた光学情報記録/再生装置の例を図 9 に示す。

#### 【0078】

記録/再生条件調整器 14 が、例えばチルトやフォーカスあるいは記録パワーなどの記録/再生条件を調整すると、光ヘッド 13 が、記録/再生条件調整器 14 により調整され

た記録/再生条件に基づいた信号を読み出し、信号品質評価器 1 2 が、光ヘッド 1 3 により読み出された信号の信号品質評価値 S を算出する。そして、記録/再生条件調整器 1 4 は、算出された信号品質評価値 S を受け取る。

【0 0 7 9】

更に、記録/再生条件調整器 1 4 は、記録/再生条件を変化させながら、信号品質評価値 S が最大となる、もしくは、信号品質評価値 S が一定の値（例えば上記したように 1 2 以上）となるような最適な、または、ある一定以上の好適な記録/再生条件を見つける。そして、光ヘッド 1 3 は、記録/再生条件調整器 1 4 により設定された最適な、または、好適な記録/再生条件に基づいて光ディスクの記録/再生を行なう。このため、記録/再生条件調整器 1 4 が信号品質評価器 1 2 により算出された信号品質評価値 S を指標として最適な、または、好適な記録条件または再生条件を設定するため、光学情報記録/再生装置は、情報の記録/再生を安定した条件で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0 0 8 0】

【図 1】 信号品質を測定するための機能ブロックの構成の一例を示す図である。

【図 2】 エラーベクトル上に射影された等化誤差の分散を計算するための信号品質評価器の構成の一例を示す図である。

【図 3】 記録密度が変化した際の再生波形の変化を模式的に説明する図である。

【図 4】 信号品質評価値 S とビットエラーレート b E R の関係を示す図である。

【図 5】 信号品質評価値 S とビットエラーレート b E R の関係を示す図である。

【図 6】 信号品質評価値 S を算出するための信号品質評価器の別の構成の一例を示す図である。

【図 7】 サンプル数と信号品質評価値 S の関係を示す図である。

【図 8】 記録データが既知の時に信号品質評価値 S を算出するための機能ブロックの構成の一例を示す図である。

【図 9】 本発明の記録条件あるいは再生条件を調整する機能を有する光学情報記録再生装置を示す図である。

【図 1 0】 予め設定された目標信号のみで信号品質評価値 S を算出するための信号品質評価器を示す図である。

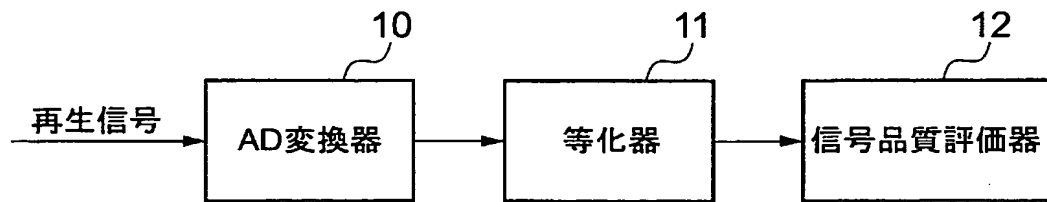
【符号の説明】

【0 0 8 1】

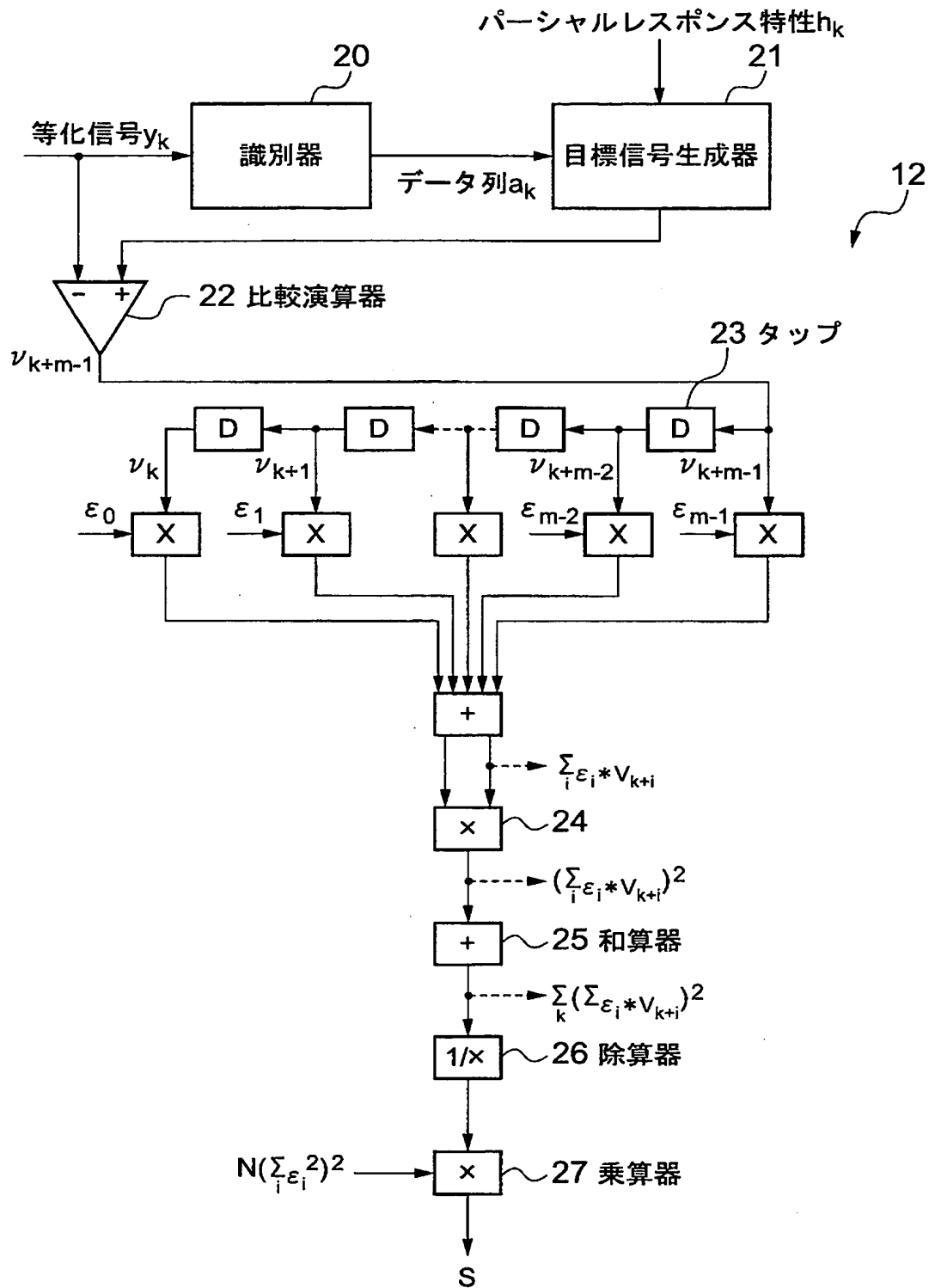
- 1 0      A D 変換器
- 1 1      等化器
- 1 2, 1 2 A, 1 2 B      信号品質評価器
- 1 3      光ヘッド
- 1 4      記録/再生条件調整器
- 2 0      識別器
- 2 1      目標信号生成器
- 2 2      比較演算器
- 2 3      タップ
- 2 4      乗算器
- 2 5      和算器
- 2 6      除算器
- 2 7      乗算器
- 6 1      乗算器
- 7 1      判別器

【書類名】 図面

【図 1】

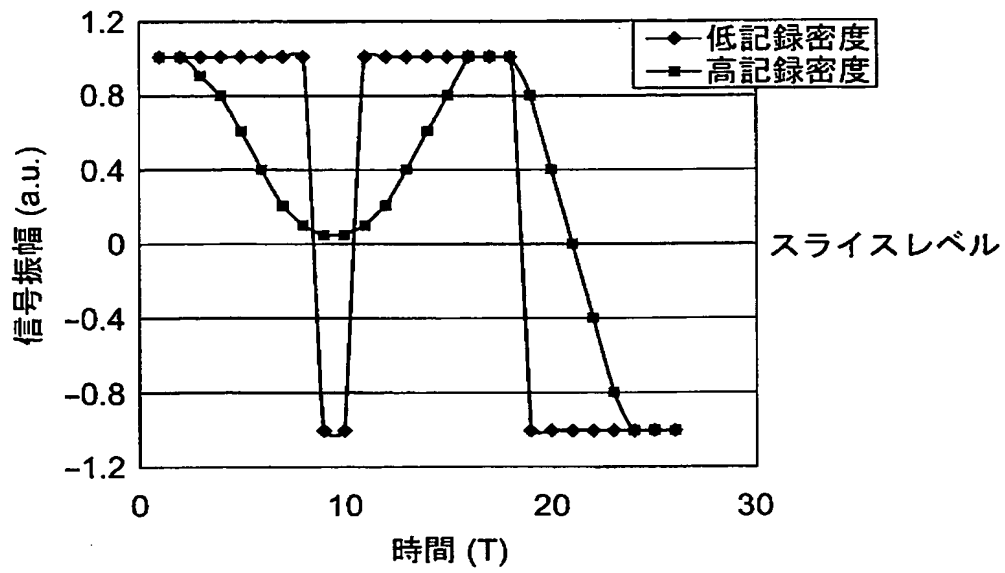


【図 2】

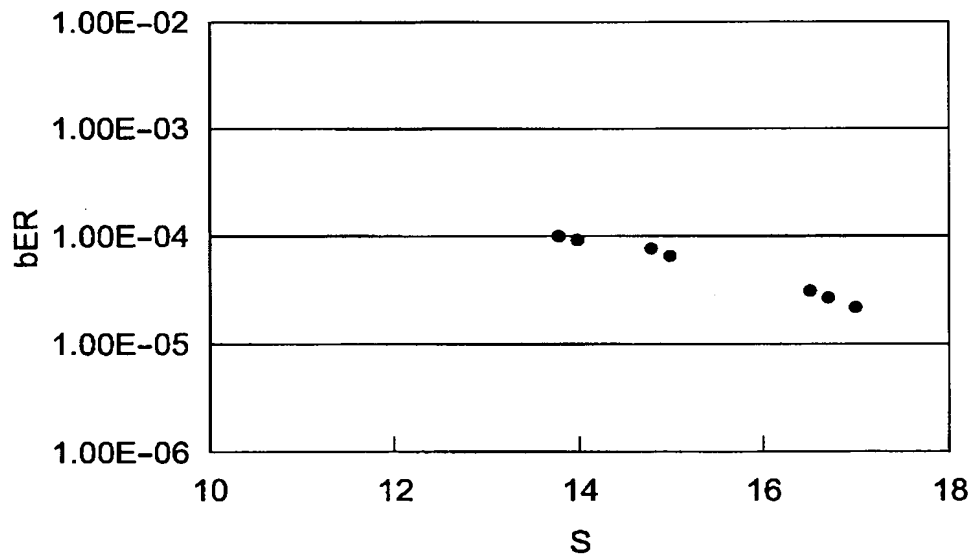




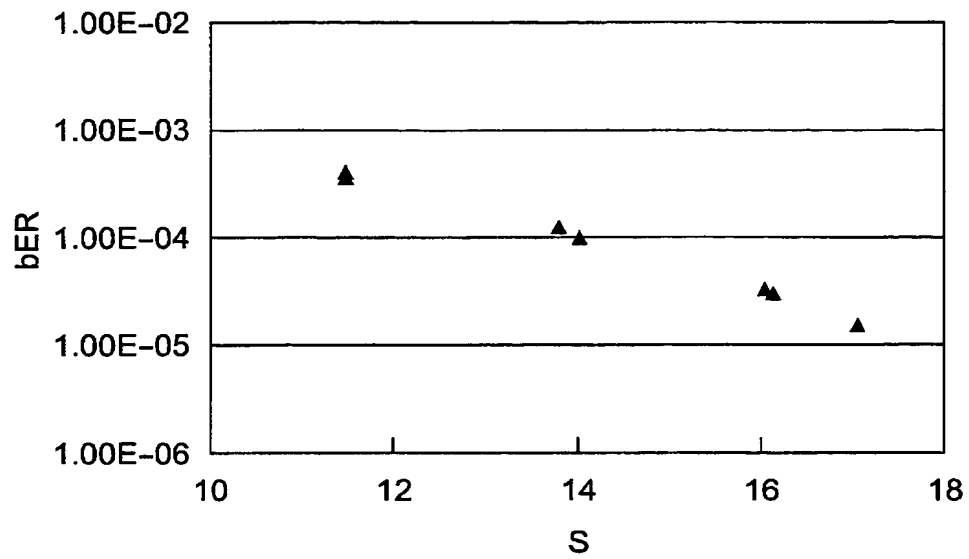
【図 3】



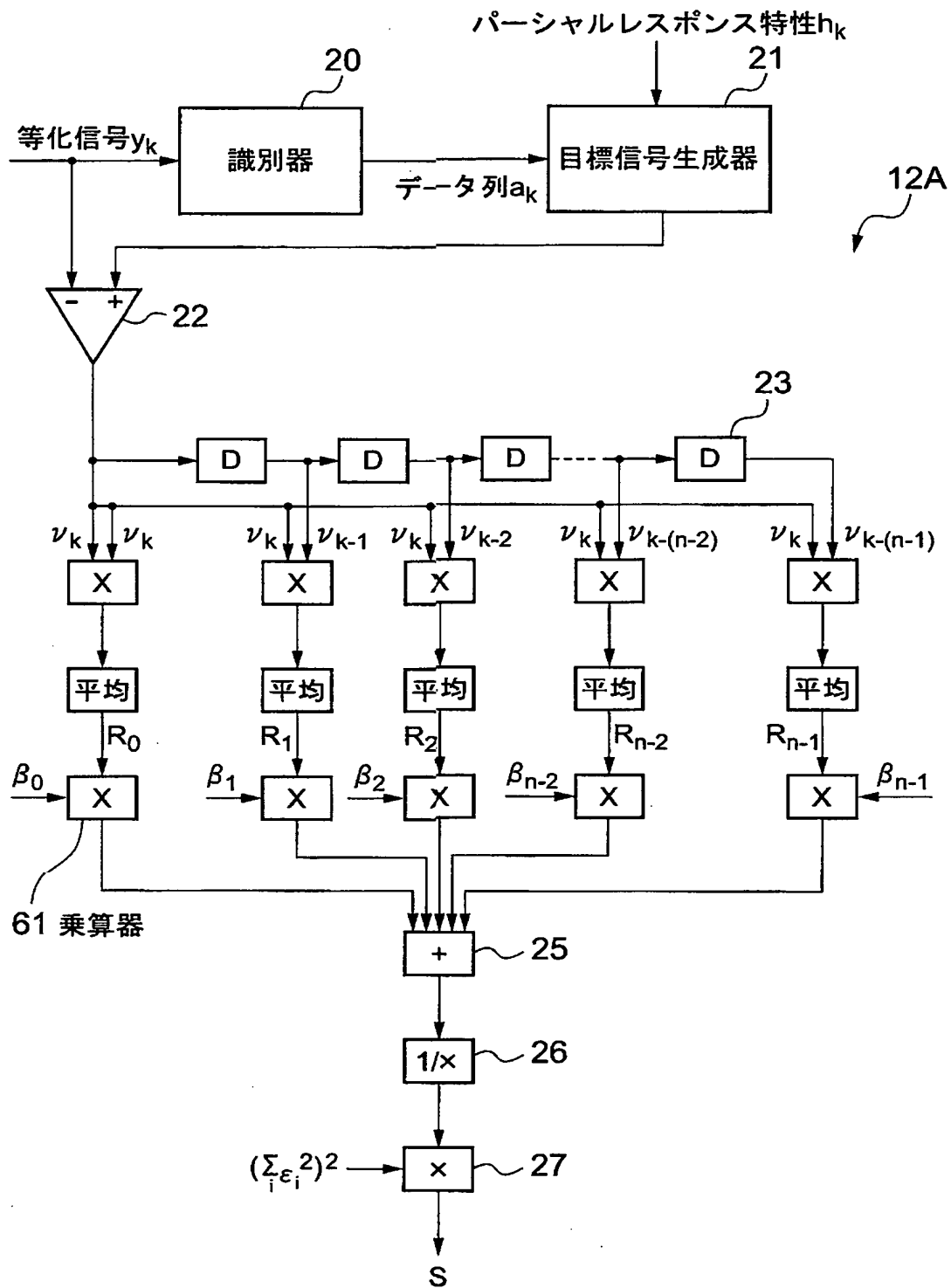
【図 4】



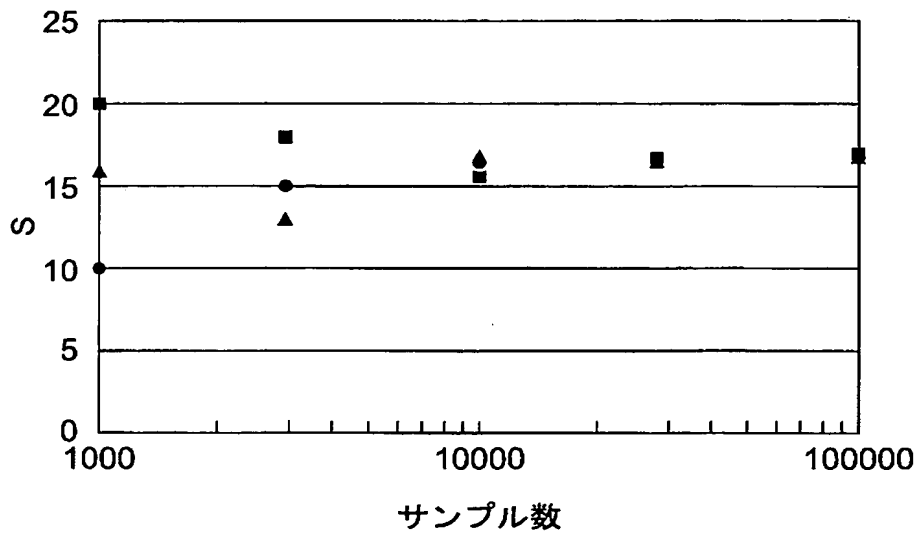
【図 5】



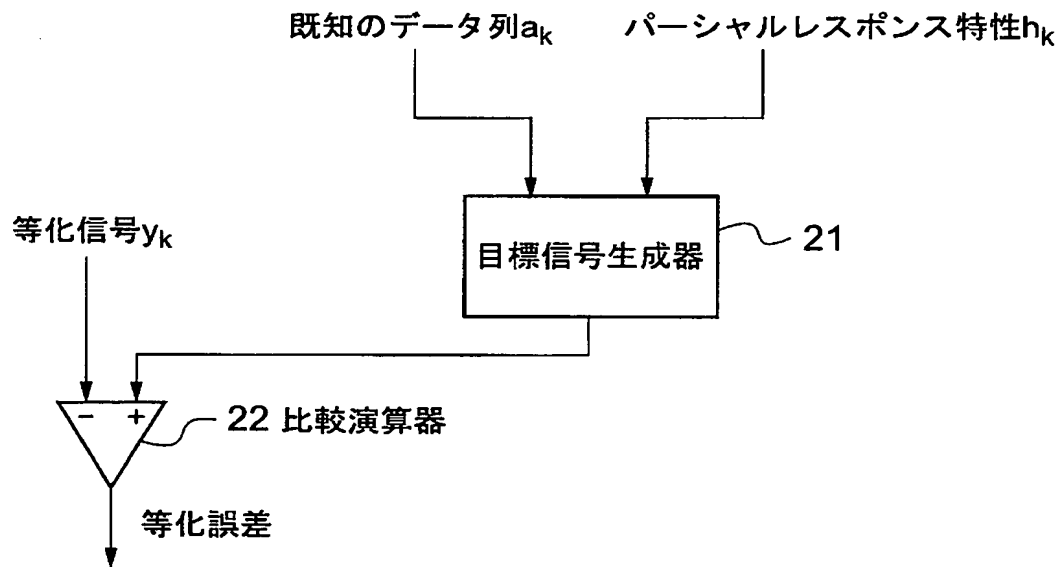
【図 6】



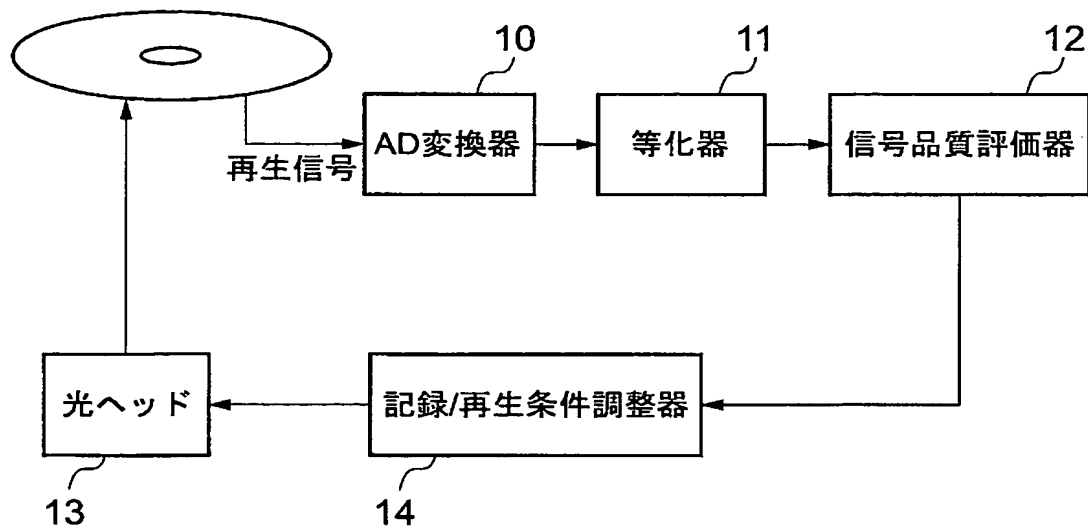
【図 7】



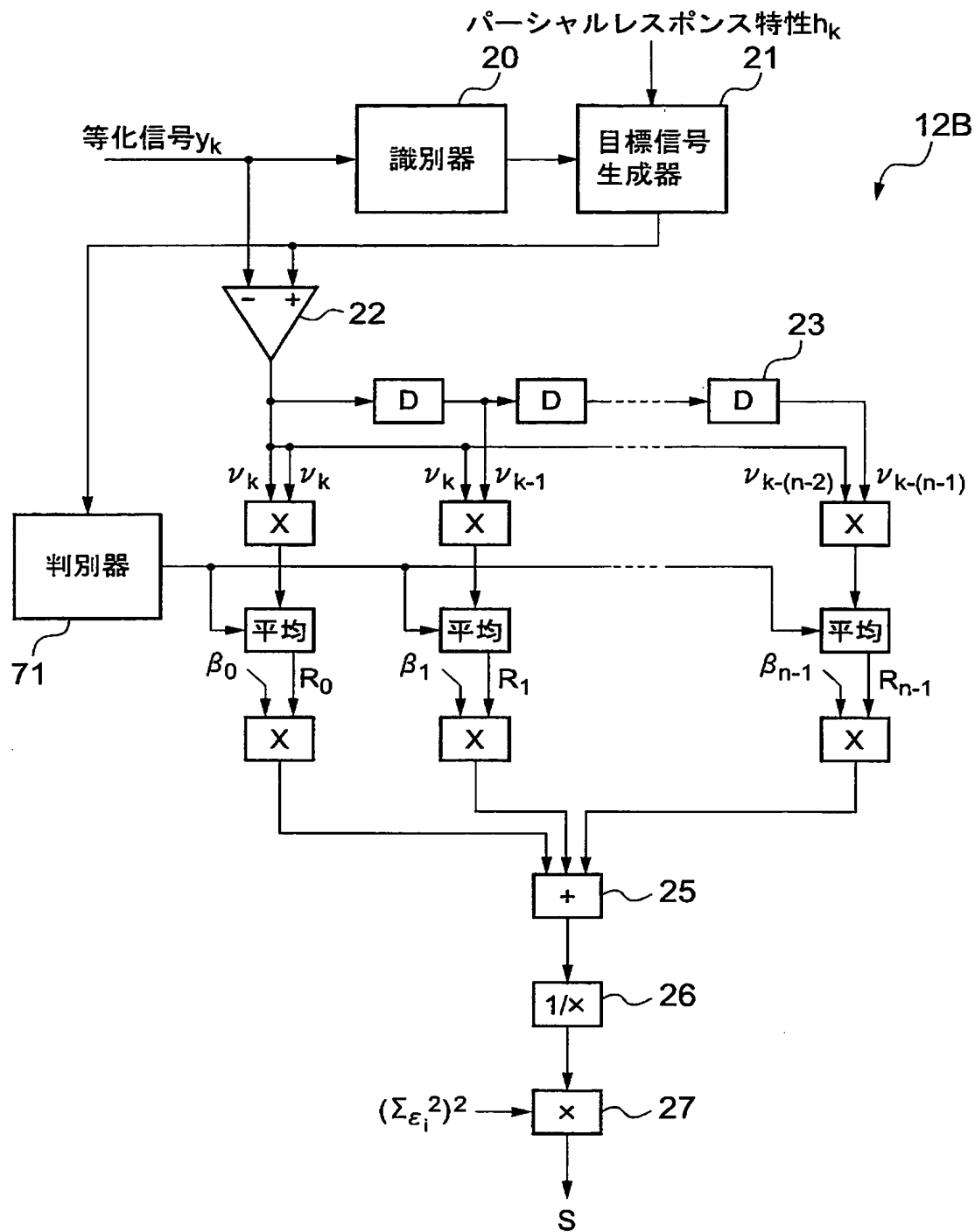
【図 8】



【図9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ジッタ測定が困難になるような高い記録密度を有する光ディスク媒体等に記録された信号の品質を評価する指標及びその基準値を与えると共に、これらを用いた信号品質の評価方法を提供する。

【解決手段】 光ディスク媒体等に記録された信号の品質を評価するために、所定のデータ列及び所定のパーシャルレスポンス特性から目標信号を求め、当該目標信号と、クロック周期毎の再生信号との差異である等化誤差をクロック周期毎に算出する。更に、算出された異なる時刻の等化誤差の積を求め、当該等価誤差の積に基づいて信号品質を評価する。

【選択図】 図 2

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 3 8 6 7 2 6
受付番号	5 0 3 0 1 8 9 6 1 1 6
書類名	特許願
担当官	金井 邦仁 3 0 7 2
作成日	平成 1 5 年 1 1 月 2 0 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000004237
【住所又は居所】	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
【氏名又は名称】	日本電気株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】	000003078
【住所又は居所】	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
【氏名又は名称】	株式会社東芝

## 【代理人】

申請人

【識別番号】	100071272
【住所又は居所】	東京都港区西新橋 1 - 4 - 1 0 第 3 森ビル 後 藤池田特許事務所
【氏名又は名称】	後藤 洋介

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100077838
【住所又は居所】	東京都港区西新橋 1 - 4 - 1 0 第 3 森ビル 後 藤池田特許事務所
【氏名又は名称】	池田 憲保



特願 2 0 0 3 - 3 8 6 7 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社

特願 2 0 0 3 - 3 8 6 7 2 6

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 7 8 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]

2 0 0 1 年 7 月 2 日

住所変更

住 所  
氏 名

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号  
株式会社東芝